

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-175826  
 (43)Date of publication of application : 21.06.2002

(51)Int.CI. H01M 8/04  
 H01M 8/06

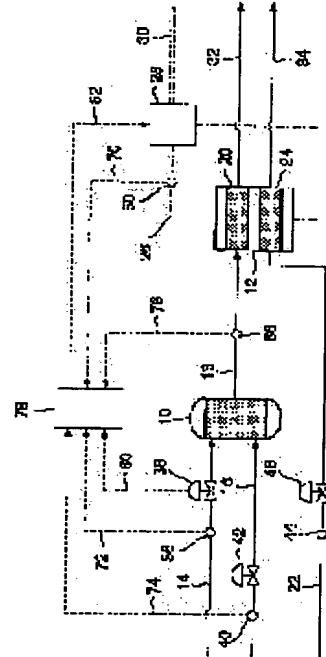
(21)Application number : 2000-372812 (71)Applicant : EBARA BALLARD CORP  
 (22)Date of filing : 07.12.2000 (72)Inventor : MURAYAMA KUNIHIKO

## (54) FUEL CELL POWER GENERATION SYSTEM

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve operation efficiency of a system, while preventing damages to a fuel cell, by more economically and simply detecting hydrogen concentration in a reformed gas.

SOLUTION: The system has reforming equipment 10, which generates a hydrogen rich reformed gas to produce a hydrocarbon system fuel or methanol as an original fuel, the fuel cell 12, which generates electricity by making the reformed gas, which is obtained by the reforming equipment 10, react with an oxidizer electrochemically, an original fuel gas flow rate detection means 36 to detect of the flow rate of the original fuel, a reformed gas flow rate detection means 56, which detects the flow rate of the reformed gas supplied to the fuel cell 12, an output direct-current current value detection means 50, which detects or calculates the output direct-current current value from the fuel cell 12, and an operation control means 78, which while calculating the value of a hydrogen utilization factor of the fuel cell 12 by using the original fuel gas flow rate detection means 36, the reformed gas flow rate detection means 56, and the output direct-current current value detection means 50, controls the hydrogen utilization factor, by comparing the above calculated value with the hydrogen utilization factor which has been set up beforehand.



(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-175826

(P2002-175826A)

(43) 公開日 平成14年6月21日 (2002.6.21)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

H 01 M 8/04

識別記号

F I

テ-マコト<sup>8</sup> (参考)

H 01 M 8/04

Z 5 H 027

8/06

8/06

H  
P  
G

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2000-372812(P2000-372812)

(22) 出願日 平成12年12月7日 (2000.12.7)

(71) 出願人 500561595

荏原パラード株式会社

東京都港区港南1-6-34

(72) 発明者 村山 邦彦

東京都港区港南1-6-34 莳原パラード  
株式会社内

(74) 代理人 100091498

弁理士 渡邊 勇 (外1名)

Fターム(参考) 5H027 AA02 BA01 BA17 KK21 KK22

KK25 KK31 KK52 KK56 MM04

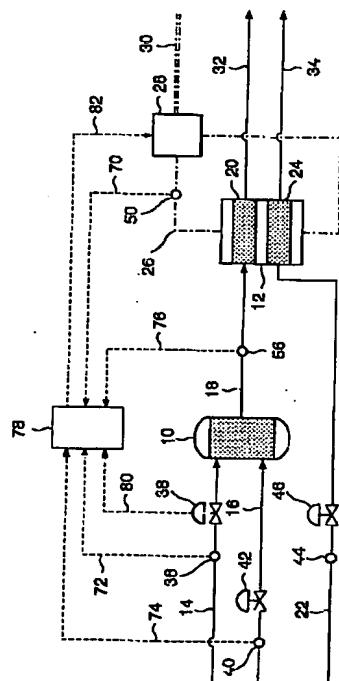
MM09 MM12 MM14 MM27

(54) 【発明の名称】 燃料電池発電システム

(57) 【要約】

【課題】 改質ガス中の水素濃度を、より経済的かつ簡便に検出して、燃料電池の損傷を防止しながら、システムの運転効率を向上させる。

【解決手段】 炭化水素系燃料またはメタノールを原燃料とし水素リッチな改質ガスを生成する改質装置10と、改質装置10によって得られた改質ガスと酸化剤とを電気化学的に反応させて発電を行う燃料電池12と、原燃料の流量を検出する原燃料ガス流量検出手段36と、燃料電池12に供給される改質ガスの流量を検出する改質ガス流量検出手段56と、燃料電池12からの出力直流電流値を検出或いは演算する出力直流電流値検知手段50と、原燃料ガス流量検出手段36、改質ガス流量検出手段56及び出力直流電流検知手段50からの出力信号を用いて燃料電池12の水素利用率を演算し、該演算値と予め設定した水素利用率と比較して水素利用率を制御する演算制御手段78を有する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 炭化水素系燃料またはメタノールを原燃料とし水素リッチな改質ガスを生成する改質装置と、前記改質装置によって得られた改質ガスと酸化剤とを電気化学的に反応させて発電を行う燃料電池と、前記原燃料の流量を検出する原燃料ガス流量検出手段と、前記燃料電池に供給される前記改質ガスの流量を検出する改質ガス流量検出手段と、前記燃料電池からの出力直流電流値を検出或いは演算する出力直流電流値検知手段とを備えた燃料電池発電システムにおいて、前記原燃料ガス流量検出手段、前記改質ガス流量検出手段及び前記出力直流電流検知手段からの出力信号を用いて前記燃料電池の水素利用率を演算し、該演算値と予め設定した水素利用率と比較して水素利用率を制御する演算制御手段を有することを特徴とする燃料電池発電システム。

【請求項2】 前記改質装置へ供給される水蒸気流量を検出或いは演算する水蒸気流量検知手段を更に備え、前記演算制御手段は、前記原燃料ガス流量検出手段、前記改質ガス流量検出手段、前記出力直流電流検知手段及び前記水蒸気流量検知手段からの出力信号を用いて前記燃料電池の水素利用率を演算することを特徴とする請求項1記載の燃料電池発電システム。

【請求項3】 前記改質ガス中の一酸化炭素を選択的酸化法により除去するために供給される選択酸化用酸化剤の流量を検出する選択酸化用酸化剤流量検出手段を更に備え、前記演算制御手段は、前記原燃料ガス流量検出手段、前記改質ガス流量検出手段、前記出力直流電流検知手段及び前記選択酸化用酸化剤流量検知手段からの出力信号を用いて前記燃料電池の水素利用率を演算することを特徴とする請求項1記載の燃料電池発電システム。

【請求項4】 前記改質装置へ供給される水蒸気流量を検出或いは演算する水蒸気流量検知手段と、前記改質ガス中の一酸化炭素を選択的酸化法により除去するために供給される選択酸化用酸化剤の流量を検出する選択酸化用酸化剤流量検出手段を更に備え、前記演算制御手段は、前記原燃料ガス流量検出手段、前記改質ガス流量検出手段、前記出力直流電流検知手段、前記水蒸気流量検知手段及び前記選択酸化用酸化剤流量検知手段からの出力信号を用いて前記燃料電池の水素利用率を演算することを特徴とする請求項1記載の燃料電池発電システム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は燃料電池発電システムに係り、特に燃料電池の運転状態を把握して該燃料電池の損傷を防止しながらシステムの発電効率の向上を図

るようとした燃料電池発電システムに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 図7は、従来の燃料電池発電システムの一般的な構成を示す。この燃料電池発電システムは、天然ガスやメタノールなどの原燃料と水蒸気との水蒸気改質反応及び一酸化炭素変性反応を通して水素リッチな改質燃料ガスを生成する改質装置10と、この改質装置10で生成された改質ガスと空気などの酸化剤との電気化学反応で直流電力を発生させる燃料電池12とを有している。ここで、原燃料は原燃料ガス供給ライン14から、水蒸気は水蒸気供給ライン16からそれぞれ改質装置10に供給され、改質ガスは改質ガス供給ライン18から燃料電池12の燃料極(水素極)20に、空気などの酸化剤は、酸化剤供給ライン22から燃料電池12の空気極(酸化剤極)24にそれぞれ供給される。

【0003】 そして、燃料電池12で発生した直流電力は、直流電流回路26を経て負荷に接続され、必要に応じて、DC/AC変換器28を介して交流電力に変換されて、交流電気出力30として出力される。

【0004】 なお、燃料電池12内に流入した改質ガスは、改質ガス排出ライン32から、同じく空気などの酸化剤は、酸化剤排出ライン34からそれぞれ排ガスとして外部に排出される。また、原燃料ガス供給ライン14には、原燃料ガス流量検出器36と原燃料ガス流量制御弁38が、水蒸気供給ライン16には、水蒸気流量検出器40と水蒸気流量制御弁42が、酸化剤供給ライン22には、酸化剤流量検出器44と酸化剤流量制御弁46がそれぞれ設けられている。

【0005】 ところで、改質反応及び一酸化炭素変性反応を利用した改質装置によって天然ガスやメタノールなどの原燃料を改質した燃料(改質ガス)を燃料電池の燃料極に供給し、空気極に供給される空気などの酸化剤と合わせて発電を行う場合、理論上必要となる水素に比べて過剰な水素流通が必要で、この余剰分が十分でない場合、つまり燃料電池に供給される水素のうち発電のために消費される水素の割合として定義される水素利用率がある値を超える場合、燃料電池内部の構成材料の劣化・損傷が起こり、燃料電池の性能低下が起こる。また、水素利用率が低い運転状態においては、改質装置で生成した水素のうち発電に供されない割合が高くなることになり、システムとしての発電効率が低くなる。従って、この水素利用率を連続的に監視し、適正な値に制御することは、燃料電池の性能の劣化を防止しつつ、システムとしての高効率化を実現するために不可欠である。

【0006】 ここで、燃料電池における水素利用率を連続的に監視・制御するためには、改質装置から燃料電池に供給される改質ガス中に含まれる水素量と、燃料電池で消費される水素量を連続的に検出する必要がある。

【0007】 このため、従来、図7に示すように、直流電流回路26に該回路26を流れる直流電流を検出する

直流電流検出器50を、改質ガス供給ライン18に該ライン18を流れる改質ガスの水素濃度を水素濃度検出端52から検出する水素濃度検出器54と流量を検出する改質ガス流量検出器56をそれぞれ設け、直流電流検出器50からの出力信号58、水素濃度検出器54からの出力信号60及び改質ガス流量検出器56からの制御信号62を演算制御部64に入力し、この演算制御部64からの制御信号66で原燃料ガス流量制御弁38の開度を制御するようにしたものが提案されている。

【0008】これは、図8に示すように、直流電流回路26を流れる電流(I)を直流電流検出器50で検出して燃料電池12における消費水素量( $Q_{c.o.n.s}$ )を算出し、同時に改質ガス供給ライン18を流れる改質ガスに含まれる水素濃度(rH2)を水素濃度検出器54で、同じく流量( $Q_R$ )を改質ガス流量検出器56でそれぞれ検出して燃料電池12への供給水素量( $Q_{s.u.p}$ )を算出する。そして、これら2つの算出結果により燃料電池12における水素利用率(U)を算出し、これを予め設定または指令されている水素利用率( $U_{s.e.t}$ )と比較し、その比較結果に応じて、原燃料ガス供給ライン14を流れる原燃料ガスの流量を原燃料ガス流量制御弁38により変化させ、水素利用率を調節するようにしたものである。

#### 【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記従来例にあっては、改質ガス中の水素濃度を検出する手段(水素濃度検出器)を備えており、これは、一般に、赤外線式ガス分析系、ガスクロマトグラフィなどの高価なガス分析器によって構成されている。このため、このような水素ガス濃度検出手段を備えると、大型プラントなどの運用には適しているものの、汎用性の高い、例えば家庭用の燃料電池発電システムに適用した場合に、システム全体としてかなり高価かつ複雑なものとなるばかりでなく、広い設置スペースを必要とするといった問題があると考えられる。

【0010】本発明は上記に鑑みてなされたもので、ガス中の水素濃度を、より経済的かつ簡便に検出して、燃料電池の損傷を防止しながら、システムの運転効率を向上させることができるようにした燃料電池発電システムを提供することを目的とする。

#### 【0011】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明は、炭化水素系燃料またはメタノールを原燃料とし水素リッチな改質ガスを生成する改質装置と、前記改質装置によって得られた改質ガスと酸化剤とを電気化学的に反応させて発電を行う燃料電池と、前記原燃料の流量を検出する原燃料ガス流量検出手段と、前記燃料電池に供給される前記改質ガスの流量を検出する改質ガス流量検出手段と、前記燃料電池からの出力直流電流値を検出或いは演算する出力直流電流値検知手段とを備えた燃料電池

発電システムにおいて、前記原燃料ガス流量検出手段、前記改質ガス流量検出手段及び前記出力直流電流検知手段からの出力信号を用いて前記燃料電池の水素利用率を演算し、該演算値と予め設定した水素利用率と比較して水素利用率を制御する演算制御手段を有することを特徴とする燃料電池発電システムである。

【0012】これにより、ガス分析器などの高価な器材をシステム内部に設置することなく、システムの水素利用率を連続的に監視し適切な値に制御して、燃料電池の損傷を防止しながら、システムの発電効率を向上させることができる。

【0013】なお、原燃料の流量は、通常外部負荷の変化などに応じて調節されるものであるから、その流量を検出する検出器は、フィードバック制御のために必要であり、通常の燃料電池発電システムに備えられているものである。このため、ここでその検出器を利用するには、システムの低コスト化、簡素化と矛盾するものではない。また電池からの出力直流電流値についても、例えば、通常電池の運転状態監視のために備えられている電池電圧検出器出力値などを用いて算出した電流値信号によって代えることができ、同様にシステムの低コスト化、簡素化を妨げるものではない。

【0014】請求項2に記載の発明は、前記改質装置へ供給される水蒸気流量を検出或いは演算する水蒸気流量検知手段を更に備え、前記演算制御手段は、前記原燃料ガス流量検出手段、前記改質ガス流量検出手段、前記出力直流電流検知手段及び前記水蒸気流量検知手段からの出力信号を用いて前記燃料電池の水素利用率を演算することを特徴とする請求項1記載の燃料電池発電システムである。これにより、改質ガス供給ラインを水蒸気を含んだ改質ガスが流れる場合にあっても、システムの水素利用率を連続的に監視して適切な値に制御することができる。

【0015】請求項3に記載の発明は、前記改質ガス中の一酸化炭素を選択的酸化法により除去するために供給される選択酸化用酸化剤の流量を検出する選択酸化用酸化剤流量検出手段を更に備え、前記演算制御手段は、前記原燃料ガス流量検出手段、前記改質ガス流量検出手段、前記出力直流電流検知手段及び前記選択酸化用酸化剤流量検知手段からの出力信号を用いて前記燃料電池の水素利用率を演算することを特徴とする請求項1記載の燃料電池発電システムである。これにより、改質装置が改質ガス中の一酸化炭素を選択的酸化によって除去する機能を備えている場合にあっても、システムの水素利用率を連続的に監視して適切な値に制御することができる。

【0016】請求項4に記載の発明は、前記改質装置へ供給される水蒸気流量を検出或いは演算する水蒸気流量検知手段と、前記改質ガス中の一酸化炭素を選択的酸化法により除去するために供給される選択酸化用酸化剤の

流量を検出する選択酸化用酸化剤流量検出手段を更に備え、前記演算制御手段は、前記原燃料ガス流量検出手段、前記改質ガス流量検出手段、前記出力直流電流検知手段、前記水蒸気流量検知手段及び前記選択酸化用酸化剤流量検知手段からの出力信号を用いて前記燃料電池の水素利用率を演算することを特徴とする請求項1記載の燃料電池発電システムである。

## 【0017】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図1乃至図6を参照して説明する。なお、図7に示す従来例と同一部材及び相当部材には、同一符号を付してその説明を一部省略する。

【0018】図1は、本発明の実施の形態の燃料電池発電システムの構成を示すもので、これは、天然ガスなどの原燃料と水蒸気との水蒸気改質反応及び一酸化炭素変性反応を通して水素リッチな改質燃料ガスを生成する改質装置10と、この改質装置10で生成された改質ガスと空気などの酸化剤との電気化学反応で直流電力を発生する燃料電池12を有し、この燃料電池12で発生した直流電力は、直流電流回路26を経て負荷に接続され、必要に応じて、DC/AC変換器28を介して交流電力に変換されて交流電気出力30として出力される。

【0019】直流電流回路26には、この直流電流回路26を流れる直流電流を検出する直流電流検出器50が設けられている。また、原燃料ガス供給ライン14には、この原燃料ガス供給ライン14を流れる原燃料の流量を検出する原燃料ガス流量検出器36が、水蒸気供給ライン16には、この水蒸気供給ライン16を流れる水蒸気の流量を検出する水蒸気流量検出器40が、改質ガス供給ライン18には、この改質ガス供給ライン18を流れる改質ガスの流量を検出する改質ガス流量検出器56がそれぞれ設けられている。これらの各流量検出器3

製造水素量(Nm<sup>3</sup>/h)

=改質ガス乾燥流量(Nm<sup>3</sup>/h)

【0024】また、電流値から、例えば次のようにして

$$\text{消費水素量(Nm}^3/\text{h}) = (I \times N \times 0.0224 \times 3600) / (2 \times 96500) \quad (2)$$

ここで、Iは、電流値(A)、Nは、電池セル枚数である。また標準状態のガス体積を0.0224m<sup>3</sup>/m<sup>0</sup>

$$\text{水素利用率} = \text{消費水素量(Nm}^3/\text{h}) / \text{製造水素量(Nm}^3/\text{h})$$

で求めることができる。

【0025】つまり、図2に示すように、直流電流回路26を流れる直流電流(I)を直流電流検出器50で検出して、上記式(2)により燃料電池12における消費水素量(Q<sub>c</sub>。n<sub>s</sub>)を算出し、同時に原燃料ガス供給ライン14を流れる原燃料ガスの流量(原料投入量)(Q<sub>R</sub>)と改質ガス供給ライン18を流れる乾燥した改質ガスの流量(改質ガス乾燥流量)(Q<sub>F</sub>)から、上記式(1)により燃料電池12への供給水素量(製造水素量)(Q<sub>s</sub>。u<sub>p</sub>)を算出し、これら2つの算出結果か

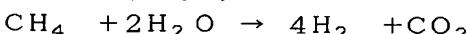
6, 40, 56は、質量流量検出器であるか、或いは温度・圧力補正を行うための手段を備えたものである。

【0020】そして、直流電流検出器50からの出力信号70、原燃料ガス流量検出器36からの出力信号72、水蒸気流量検出器40からの出力信号74及び改質ガス流量検出器56からの出力信号76は、演算制御部78に入力される。この演算制御部78は、これらの入力信号を基に燃料電池12における水素利用率を算出し、これを予め設定または指令されている水素利用率と比較して、その比較結果に応じて、原燃料ガス流量制御弁38にこの開度を調節する制御信号80を出力するか、または、DC/AC変換器28にこの負荷指令を変化させる制御信号82を出力し、これによって、燃料電池12の水素利用率を一定に調節(制御)するようになっている。

【0021】ここで、例えば天然ガスの主成分であるメタンCH<sub>4</sub>を原燃料とした時の制御例を以下に説明する。なお、原燃料は、メタンCH<sub>4</sub>に限定されることなく、炭化水素系燃料またはメタノールを使用しても良いことは勿論である。

【0022】先ず、改質ガス供給ライン18内を流れる改質ガスの乾燥流量を計測した時の制御例を図2を参照して説明する。なお、この場合、電流検出器50からの出力信号70から消費水素量が求められ、原燃料ガス流量検出器36からの出力信号74と改質ガス流量検出器56からの出力信号76から製造水素量が求められる。

【0023】つまり、メタンCH<sub>4</sub>を原燃料とする場合、改質装置で改質反応と変成反応が起こる場合の反応式は次の通りである。



この化学量論比を考えれば、この反応に関して次の関係が導かれる。

$$\text{原燃料投入量(Nm}^3/\text{h}) \quad (1)$$

燃料電池12での消費水素量を求めることができる。

$$\text{消費水素量(Nm}^3/\text{h}) = (I \times N \times 0.0224 \times 3600) / (2 \times 96500) \quad (2)$$

1、ファラデー定数を96500C/m<sup>0</sup>などとしている。そして、燃料電池での水素利用率は、

$$\text{水素利用率} = \text{消費水素量(Nm}^3/\text{h}) / \text{製造水素量(Nm}^3/\text{h}) \quad (3)$$

ら、上記式(3)により燃料電池12における水素利用率(U)を算出する。そして、これを予め設定または指令されている水素利用率(U<sub>s</sub>。e<sub>t</sub>)と比較し、その比較結果に応じて、原燃料ガス供給ライン14を流れる原燃料ガスの流量を原燃料ガス流量制御弁38により変化させるか、またはDC/AC変換器を流れる電流を減少させて、水素利用率を調節する。

【0026】ここで、一般に水蒸気改質を行う時には過剰の水蒸気を投入するため、燃料電池に供給される燃料は通常水蒸気を含んでいる。そこで、改質ガスの除湿を

行わず、つまり改質ガス供給ラインを水蒸気を含んだ改質ガスが流れる時の制御例を図3を参照して説明する。

【0027】この場合、電流検出器50からの出力信号70、原燃料ガス流量検出器36からの出力信号72及び改質ガス流量検出器56からの出力信号76の他に、水蒸気流量検出器40からの出力信号74を使用する。

#### 製造水素量

$$= 2 \times (\text{改質ガス流量(水蒸気を含む)} - \text{原燃料投入量} - \text{供給水蒸気量}) \quad (4)$$

として求めることができる。

【0028】つまり、図3に示すように、直流電流回路26を流れる直流電流(I)を直流電流検出器50で検出して、上記式(2)により燃料電池12における消費水素量( $Q_{c,n_s}$ )を算出し、同時に原燃料ガス供給ライン14を流れる原燃料ガスの流量(原料投入量)( $Q_F$ )、改質ガス供給ライン18を流れる水蒸気を含む改質ガスの流量(改質ガス流量)( $Q_R$ )及び水蒸気供給ライン16を流れる水蒸気の流量(供給蒸気量) $Q_w$ から、上記式(4)により燃料電池12への供給水素量(製造水素量)( $Q_{s,u_p}$ )を算出し、これら2つの算出結果から、上記式(3)により燃料電池12における水素利用率(U)を算出する。そして、これを予め設定または指令されている水素利用率( $U_{set}$ )と比較し、その比較結果に応じて、原燃料ガス供給ライン14を流れる原燃料ガスの流量を原燃料ガス流量制御弁38により変化させるか、またはDC/AC変換器を流れる電流を減少させて、水素利用率を調節する。

【0029】ここで、実際の運転において、各検出器により供給原燃料( $CH_4$ ) $1.0 Nm^3/h$ 、水蒸気供給 $3.0 Nm^3/h$ 、改質ガス流量 $5.6 Nm^3/h$ と検出され、またセル枚数150枚の燃料電池からの出力電流が $40 A$ と検出されたとき、製造水素量 $3.2 Nm^3/h$ 、消費水素量 $2.51 Nm^3/h$ と算出され、水素利用率は78%と演算される。この例での各成分の変化は下記の表1となっている。

【表1】

	反応前	反応後
$CH_4$	1.0	0.2
$H_2O$ (蒸気)	3.0	1.4
$H_2$	0	3.2
$CO_2$	0	0.8
Total (水分含む)	4.0	5.6
(乾燥ガス)	1.0	4.2

なお、原燃料が天然ガスなどの数種の成分からなる場合には、予めその組成を設定しておくなどして、やはり化学量論比から改質流量と原燃料流量と水蒸気流量から製造水素量の演算を行うことができる。

#### 製造水素量( $Nm^3/h$ )

$$= \text{改質ガス乾燥流量} (Nm^3/h) - \text{原燃料投入量} (Nm^3/h)$$

$$- \text{選択的酸化用空気投入量} (Nm^3/h) \times (1 - \text{空気中酸素濃度}) \quad (5)$$

ここで、化学量論比から、製造水素量:反応水蒸気量=2:1であるから、

改質ガス流量(水蒸気を含む)=改質ガス乾燥流量+供給水蒸気量-反応水蒸気量=改質ガス乾燥流量+供給水蒸気量-製造水素量/2となる。製造水素量は前記関係式から、

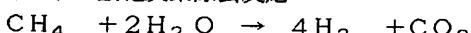
$$= 2 \times (\text{改質ガス流量(水蒸気を含む)} - \text{原燃料投入量} - \text{供給水蒸気量}) \quad (4)$$

【0030】また、この例では、水蒸気供給ライン16に水蒸気流量検出器40を設置して、この内部を流れる水蒸気の流量を検出するようしているが、改質装置に供給される水蒸気量を、例えば水蒸気発生装置への水の供給量等から演算して求め、これを出力するようにしても良い。

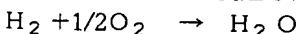
【0031】図4は、本発明の他の実施の形態の燃料電池発電システムを示すもので、これは、改質装置10が選択的酸化法による一酸化炭素除去手段を備えている場合を示す。つまり、この例は、改質装置10に選択酸化用酸化剤を導入する選択酸化用酸化剤ライン91を接続し、この選択酸化用酸化剤ライン91に、該選択酸化用酸化剤ライン91を流れる選択酸化用酸化剤の流量を検出する選択酸化用酸化剤流量調節弁93を設置し、選択酸化用酸化剤流量検出器92と選択酸化用酸化剤流量検出器92の出力信号94を演算制御部78に入力するようにしたものである。その他の構成は、図1に示すものと同様である。

【0032】次に、前述と同様にメタン $CH_4$ を原燃料となし、選択酸化用酸化剤として空気を用いた時の制御例を以下に説明する。先ず、改質ガス供給ライン18内を流れる改質ガスの乾燥流量を計測した時の制御例を図5を参照して説明する。なお、この場合、電流検出器50からの出力信号70から消費水素量が求められ、原燃料ガス流量検出器36からの出力信号74、改質ガス流量検出器56からの出力信号76及び選択酸化用酸化剤流量検出器92の出力信号94から製造水素量が求められる。

【0033】つまり、メタン $CH_4$ を原燃料として空気を選択酸化用酸化剤に用いると、供給される空気中の酸素は、一酸化炭素除去反応



と改質反応を通じて製造された水素の酸化反応



の2通りの反応を通じて完全に消費されると考えられる。また、酸素以外の成分については、このプロセスを通じて不活性の種であると考えれば( $CH_4$ を原料としている場合には)、化学量論比から、次の関係が導かれる。

【0034】つまり、図5に示すように、直流電流回路26を流れる直流電流(I)を直流電流検出器50で検出して、上記式(2)により燃料電池12における消費水素量( $Q_{c.o.n.s}$ )を算出し、同時に原燃料ガス供給ライン14を流れる原燃料ガスの流量(原料投入量)( $Q_R$ )、改質ガス供給ライン18を流れる乾燥した改質ガスの流量(改質ガス乾燥流量)( $Q_F$ )、及び選択酸化用酸化剤ライン91を流れる空気の流量(QSe10x)から、上記式(5)により燃料電池12への供給水素量(製造水素量)( $Q_{s.u.p}$ )を算出し、これら2つの算出結果から、上記式(3)により燃料電池12における水素利用率(U)を算出する。そして、これを予め設定または指令されている水素利用率( $U_{s.e.t}$ )と比較し、その比較結果に応じて、原燃料ガス供給ライン14を流れる原燃料ガスの流量を原燃料ガス流量制御弁38により変化させるか、またはDC/AC変換器を流れる電流を減少させて、水素利用率を調節する。

## 製造水素量

$$= 2 \times (\text{改質ガス流量(水蒸気を含む)} - \text{原燃料投入量} - \text{供給水蒸気量} - \text{選択的酸化用空気投入量}) \quad (6)$$

【0037】つまり、図6に示すように、直流電流回路26を流れる直流電流(I)を直流電流検出器50で検出して、上記式(2)により燃料電池12における消費水素量( $Q_{c.o.n.s}$ )を算出し、同時に原燃料ガス供給ライン14を流れる原燃料ガスの流量(原料投入量)( $Q_F$ )、改質ガス供給ライン18を流れる水蒸気を含む改質ガスの流量(改質ガス流量)( $Q_R$ )、水蒸気供給ライン16を流れる水蒸気の流量(供給蒸気量) $Q_W$ 及び選択酸化用酸化剤ライン91を流れる空気の流量(QSe10x)から、上記式(6)により燃料電池12への供給水素量(製造水素量)( $Q_{s.u.p}$ )を算出し、これら2つの算出結果から、上記式(3)により燃料電池12における水素利用率(U)を算出する。そして、これを予め設定または指令されている水素利用率( $U_{s.e.t}$ )と比較し、その比較結果に応じて、原燃料ガス供給ライン14を流れる原燃料ガスの流量を原燃料ガス流量制御弁38により変化させるか、またはDC/AC変換器を流れる電流を減少させて、水素利用率を調節する。

【0038】ここで、実際の運転において、各検出器により供給原燃料( $CH_4$ ) $1.0 Nm^3/h$ 、水蒸気供給 $3.0 Nm^3/h$ 、空気供給量 $0.1 Nm^3/h$ 、改質ガス流量 $5.68 Nm^3/h$ と検出された時の各成分の変化は、下記の表2のようになる。

【表2】

8により変化させるか、またはDC/AC変換器を流れる電流を減少させて、水素利用率を調節する。

【0035】次に、改質ガス供給ラインを水蒸気を含んだ改質ガスが流れる時の制御例を図6を参照して説明する。

【0036】この場合、電流検出器50からの出力信号70、原燃料ガス流量検出器36からの出力信号72、改質ガス流量検出器56からの出力信号76、選択酸化用酸化剤流量検出器92の出力信号94の他に、水蒸気流量検出器40からの出力信号74を使用する。この場合、製造された水素と選択酸化のために供給された酸素との反応から生じる水分を考えて( $CH_4$ を原料としている場合には)、化学量論比から次の関係を導くことができる。

	反応前	反応後
$CH_4$	1.00	0.20
$H_2O$ (蒸気)	3.00	1.44
$H_2$	0	3.16
$CO_2$	0	0.80
$N_2$ (Air)	0.08	0.08
$O_2$ (Air)	0.02	0
Total (水分含む)	4.10	5.68
(乾燥ガス)	1.10	4.24

## 【0039】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、ガス分析器などの高価な器材をシステム内部に設置する必要をなくし、従って、燃料電池システムの低コスト化、省スペース化を図りつつ、燃料電池の水素利用率を連続的に監視・制御することにより、電池損傷を防止しながらシステムの発電効率の向上を図ることができる。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態の燃料電池発電システムの全体系統図である。

【図2】図1に示す燃料電池発電システムにおける第1の制御ブロック図である。

【図3】図1に示す燃料電池発電システムにおける第2の制御ブロック図である。

【図4】本発明の他の実施の形態の燃料電池発電システムの全体系統図である。

【図5】図4に示す燃料電池発電システムにおける第1の制御ブロック図である。

【図6】図4に示す燃料電池発電システムにおける第2の制御ブロック図である。

【図7】従来の燃料電池発電システムの系統図である。

【図8】図7に示す燃料電池発電システムにおける制御

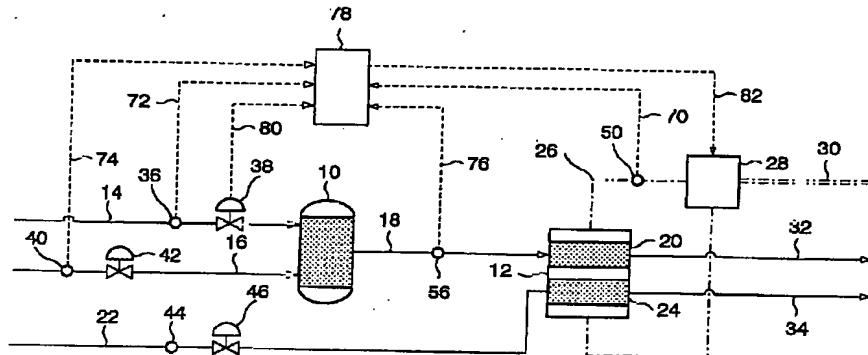
ブロック図である。

### 【符号の説明】

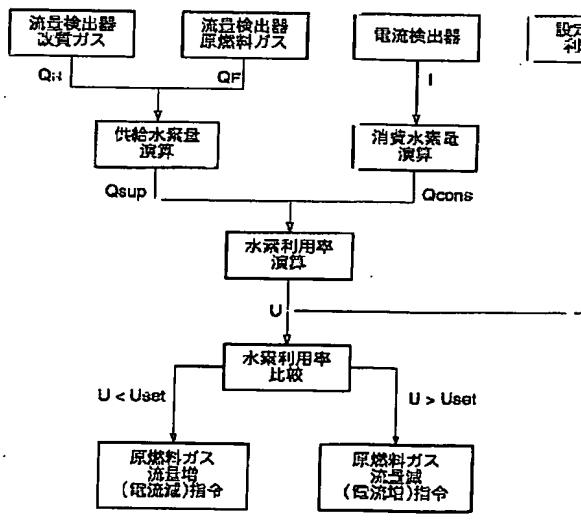
- 10 改質装置
- 12 燃料電池
- 14 原燃料ガス供給ライン
- 16 水蒸気供給ライン
- 18 改質ガス供給ライン
- 20 燃料極（水素極）
- 22 酸化剤供給ライン
- 24 空気極（酸化剤極）
- 26 直流電流回路
- 28 変換器
- 36 原燃料ガス流量検出器

38 原燃料ガス流量制御弁  
 40 水蒸気流量検出器  
 42 水蒸気流量制御弁  
 44 酸化剤流量検出器  
 46 酸化剤流量制御弁  
 50 電流検出器  
 56 改質ガス流量検出器  
 70, 71, 74, 76, 94 出力信号  
 78 演算制御部  
 80, 82 制御信号  
 91 選択酸化用酸化剤供給ライン  
 92 選択酸化用酸化剤流量検出器  
 93 選択酸化用酸化剤流量制御弁

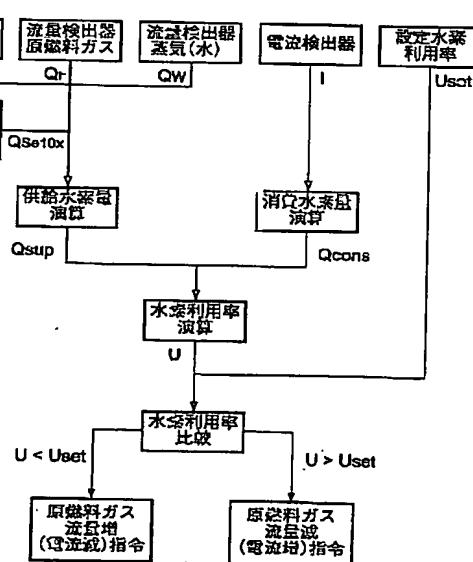
### 【図1】



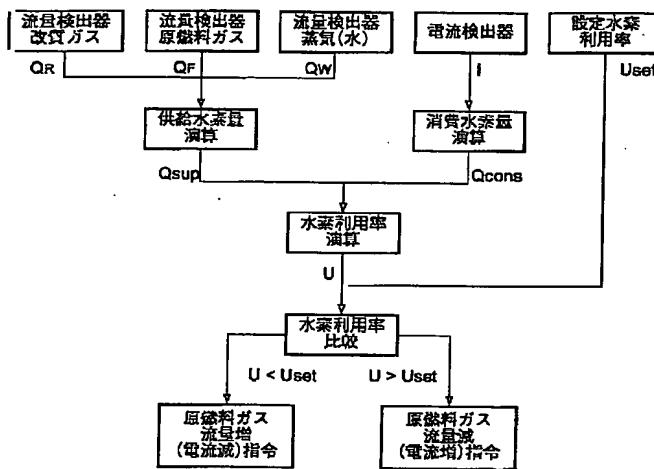
【図2】



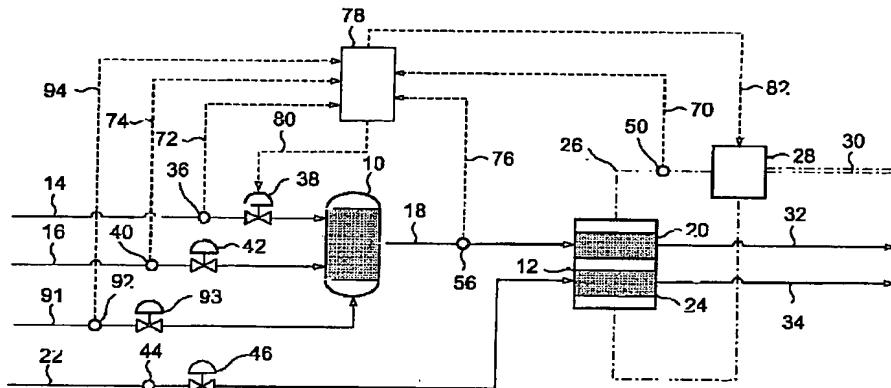
【図6】



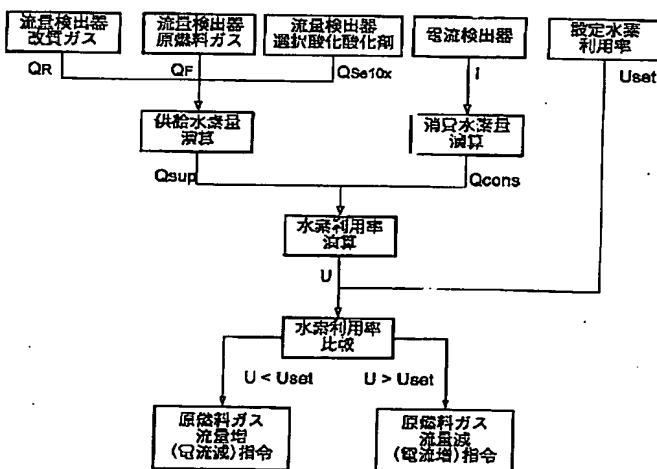
【図3】



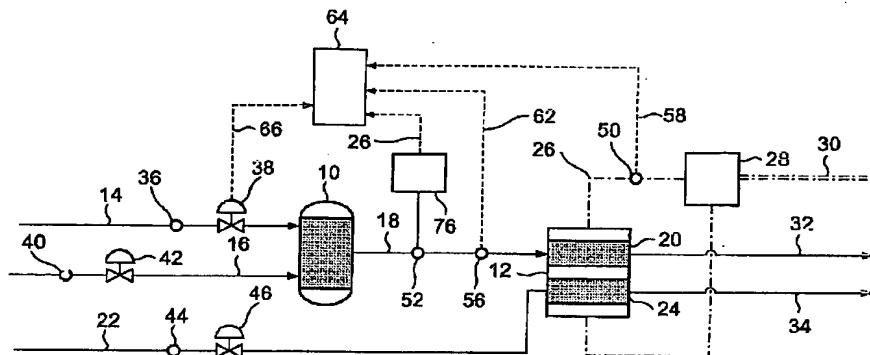
【図4】



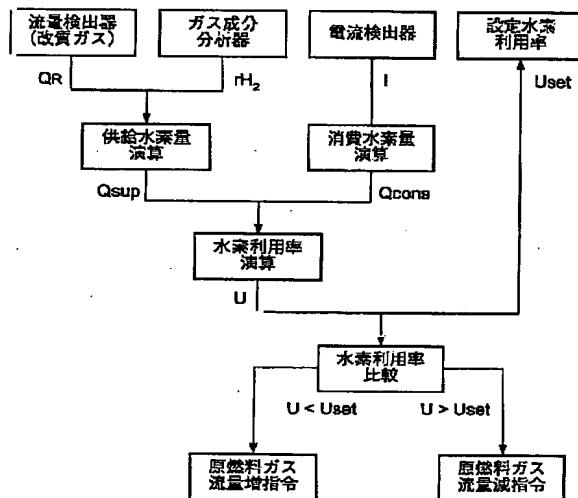
【図5】



【図7】



【図8】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**